

УДК 624.072.2.014.2

**Звягинцева Ирина Александровна**, магистрант  
Уфимский государственный нефтяной технический университет

**Анваров Аскар Рамилевич**, канд. техн. наук  
Уфимский государственный нефтяной технический университет

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СТАЛЬНЫХ ПЕРФОРИРОВАННЫХ БАЛОК С ЖЕСТКИМ УЗЛОМ ОПИРАНИЯ НА КОЛОННЫ В ОДНОЭТАЖНОМ ПРОМЫШЛЕННОМ ЗДАНИИ

**Аннотация.** Выполнены расчеты несущих конструкций одноэтажного промышленного здания со стальным каркасом с использованием сплошных прокатных и перфорированных балок с жестким узлом примыкания к колоннам. Выполнено сравнение расходов стали на стропильные несущие конструкции покрытия одноэтажного промышленного здания.

**Ключевые слова:** Стальной каркас, перфорированная балка, надежность, стальной каркас, прокатная балка, большепролетные конструкции.

Одним из перспективных направлений в снижении металлоёмкости балок является проектирование их с отверстиями в стенке. Такие балки называют перфорированными. Отверстия в балках могут быть прямоугольными, круглыми или многоугольными. В среднем в таких балках исключается около 40% всей стенки, несущая способность которой по большей части не используется, что позволяет значительно снизить их вес [1].

Для оценки возможного снижения металлоемкости балок было выполнено расчетное обоснование несущих конструкций одноэтажного промышленного здания. Здание двухпролетное с размерами в плане 24х60 м, высотой до низа стропильных конструкций –7 м. Пролеты по 12 м перекрываются стропильными балками, уложенными с уклоном 3%. Здание расположено во II ветровом и V снеговом районах. Сопряжение балок с колоннами принято жестким.

Расчетное обоснование прочности и устойчивости элементов здания с балками сплошного сечения выполнено в конечноэлементном расчетном комплексе SCAD Office. Балки в сплошном исполнении приняты из двутавра 40Ш2 из стали С255.

Расчет перфорированной балки выполнен аналитически, по методике, представленной в [2]. Перфорированные сечения балки проверены на припорные усилия, полученные из статического расчета стержневой модели со сплошной балкой. В результате была сконструирована перфорированная балка высотой 477 мм, которая выполняется из профиля 35Ш3. Форма отверстий перфорации в виде сот имеет высоту 260 мм и ширину 320 мм, шаг отверстий 500 мм. Общий вид балки после сварки представлен на рисунке 1.

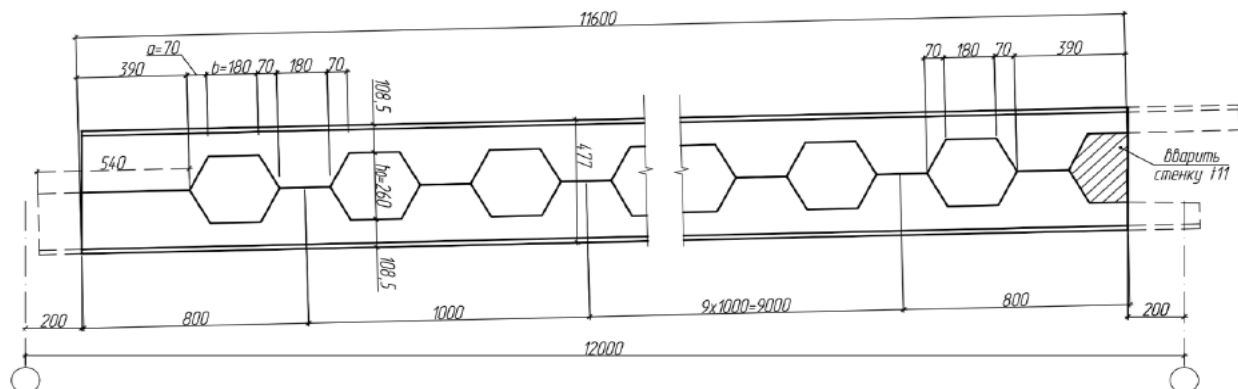


Рис.1. Общий вид балки после сварки

Расчет показал, что максимальный коэффициент использования перфорированного сечения балки возникает у опоры на центральную колонну. В данном сечении изгибающий момент значительно превышает опорный момент у крайней колонны и пролетный момент. Поэтому, для повышения эффективности балки было принято решение заглушить первое от центра отверстие перфорации листовой сталью. Таким образом первое отверстие перфорации попадает на зону с изгибающим моментом, который соизмерим по величине с пролетным моментом.

Повторный расчет балки после модификации позволил снизить профиль для выполнения перфорированной балки до 30ШЗ. Общий вид модифицированной балки после сварки представлен на рисунке 2.

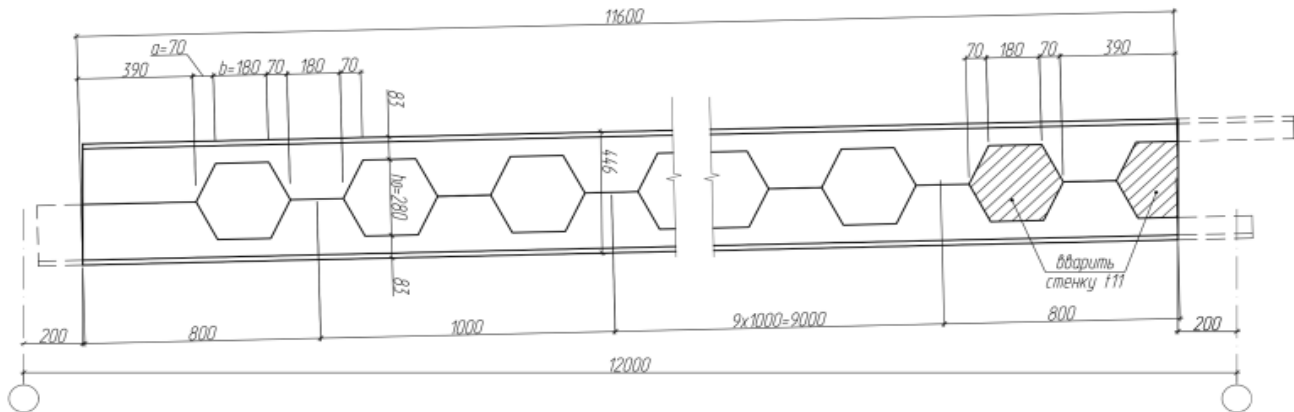


Рис.2. Общий вид модифицированной балки после сварки

Балка имеет высоту 446 мм, выполняется из стали С255. Высота перфорации – 280 мм, 320 мм, шаг отверстий 500 мм. Коэффициент использования перфорированного сечения балки составляет 0,98, а сплошного сечения у опоры – 0,97.

Для верификации результатов аналитического расчета выполнено моделирование перфорированной балки в расчетном комплексе SCAD Office. Балка моделируется оболочечными элементами с толщиной равной толщине полок и стенки. Шаг триангуляции 0,05 м. Жесткое сопряжение балок с колоннами смоделировано с использованием специальных элементов типа «абсолютно жесткое тело», которые объединяют все торцевые узлы балки с узлами оголовка колонны.

Расчет модели позволил получить значения перемещений в узлах, напряжения и усилия в элементах конструкций. Анализ напряжений для конечных элементов балки выполнен по четвертой, энергетической теории прочности, что соответствует требованиям [3]. Напряжения в полках балки, в приопорной зоне, близки по значению к результатам аналитического расчета. Коэффициент использования сплошного сечения балки по результатам расчета в составе модели составляет 0,97. Прогибы балок с жесткими узлами примыкания к колоннам во всех трех вариантах незначительны и находятся в диапазоне от 9 до 12 мм.

В результате, для рамы с жестким опиранием балок, при использовании перфорированной балки удалось использовать меньший профиль, чем для сплошной балки. Но массу балки удалось снизить незначительно, на 86,5 кг или на 6,9%. Более эффективно показал себя вариант с модифицированной перфорированной балкой. Такая балка легче сплошной на 266,5 кг или на 21,5%. Относительно обычной перфорированной балки экономия составляет 180 кг или 15,6%. Выполненная работа показывает, что использование перфорированных балок позволяет значительно снизить металлоемкость и повысить экономичность зданий с металлическим каркасом.

**Список литературы:**

1. Металлические конструкции: в 3т. / под ред. В. В. Горева. – 2-е изд. испр. – М.: Высшая школа, 2002. – 3т.
2. Руководство по проектированию стальных балок с перфорированной стенкой. – М.: ЦНИИПСК, 1978. – 28 с.
2. СП 16.13330.2017 Свод правил. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81\* (с Поправками, с Изменениями N 1, 2, 3, 4)
4. Лоусон, Р.М. Расчет комбинированных балок с перфорированной стенкой / Р.М. Лоусон, С. Дж. Хикс. АРСС, 2024 – 63 с.

